
УДК 623.4.022

В.И. Макеев, канд. техн. наук, **П.Е. Трофименко**, канд. воен. наук,
М.М. Ляпа канд. техн. наук, **С.П. Латин**, канд. воен. наук
Сумской государственной университет
(Украина, 40007, Сумы, ул. Римского-Корсакова, 2,
тел. (0542) 628315, e-mail: kafedravp@mail.ru)

Эффективность использования информационных летательных аппаратов с GPS-трекерами

Предложен способ определения установок для последующих пусков неуправляемых летательных аппаратов (ЛА), обеспечивающих более высокую точность их доставки, с использованием информационных GPS-трекеров. Суть предлагаемого способа заключается в определении реальных отклонений от прогнозируемого места доставки ЛА с помощью систем спутниковой навигации ГЛОНАСС и NAVSTAR. Определение поправок таким способом позволяет учитывать метеорологические и баллистические факторы, влияющие на полет ЛА.

Запропоновано спосіб визначення установок для наступних пусків некерованих літальних апаратів (ЛА), які забезпечують більш високу точність їх доставки, з використанням інформаційних GPS-трекерів. Суть запропонованого способу полягає у визначенні реальних відхилень від прогнозованого місця доставки ЛА за допомогою систем спутникової навігації ГЛОНАСС і NAVSTAR. Визначення поправок таким способом дозволяє враховувати метеорологічні та балістичні фактори, які впливають на політ ЛА.

К л ю ч е в ы е с л о в а: GPS-трекер, летательный аппарат, коэффициент корреляции, активный участок траектории, пассивный участок траектории.

В работах [1, 2] достаточно подробно описаны способы определения исходных установок для пусков неуправляемых летательных аппаратов (ЛА). Из анализа этих работ следует, что существенным недостатком рассматриваемых способов является недостаточная точность определения установок для пуска. К недостаткам также следует отнести и тот факт, что при определении поправок для пусков ЛА на большие дальности не учитываются с достаточной точностью метеорологические условия в районах доставки. Это объясняется тем, что метеорологические станции могут определять метеорологические факторы с необходимой точностью только для районов старта ЛА.

В настоящее время учесть с заданной точностью влияние метеорологических факторов на полет неуправляемых ЛА в районах доставки не

© В.И. Макеев, П.Е. Трофименко, М.М. Ляпа, С.П. Латин, 2013

представляется возможным [1]. В связи с этим актуальными являются поиск и разработка таких способов определения поправок в дальности и направлении полета ЛА, которые обеспечивали бы необходимую (требуемую) точность доставки неуправляемых ЛА.

Подготовка установок любым способом сопровождается рядом ошибок. Наиболее существенное влияние на точность исходных данных для пусков неуправляемых ЛА оказывают ошибки определения отклонений метеорологических и баллистических условий от табличных. Для уменьшения влияния указанных ошибок на полет ЛА предлагается способ учета действительных (реальных) метеорологических факторов в пределах всей траектории полета ЛА с использованием GPS-трекера.

Система GPS (Global Positioning System) включает группу низкоорбитальных навигационных спутников, наземные средства наблюдения, управления, а также средства для определения координат.

Определение какого-либо места на земной поверхности в глобальной системе позиционирования состоит из одновременного измерения расстояний до нескольких навигационных спутников (не менее трех), известных параметров их орбит на каждый момент времени и расчета по измеренным расстояниям необходимых координат. Базовая станция GPS загружена цифровой картой местности. Получаемая от GPS-трекера информация обрабатывается и размещается в памяти компьютера. Базовая GPS-станция должна находиться в надежно защищенном месте в районе старта ЛА, иметь бесперебойное питание и быть охраняемой. Информация с GPS-трекера передается на базовую станцию GPS с учетом метеорологических и баллистических условий полета неуправляемого ЛА.

Алгоритм использования ЛА с применением GPS-трекера можно представить так:

1. Из района старта в программируемый район доставки запускается неуправляемый ЛА с GPS-трекером (см. рисунок).

2. Базовая станция GPS, установленная на месте старта, отслеживает полет ЛА с GPS-трекером на всем участке траектории.

3. Последние координаты точки падения (ТП) ЛА, $X_{ТП}$, $Y_{ТП}$, $Z_{ТП}$, полученные от GPS-трекера, на базовой станции GPS принимаются как место доставки ЛА.

4. На основании разницы между программируемыми координатами цели $X_{ц}$, $Y_{ц}$, $Z_{ц}$ и реальными $X_{ТП}$, $Y_{ТП}$, $Z_{ТП}$, т.е. полученными с GPS-трекера, рассчитывают поправки в дальности $\Delta D_{м.б}$ и направлении $\Delta Z_{м.б}$ на отклонение метеорологических и баллистических условий пуска от табличных.

5. Рассчитанные поправки $\Delta D_{м.б}$ и $\Delta Z_{м.б}$ учитываются при каждом последующем пуске неуправляемых ЛА, неоснащенных GPS-трекером.

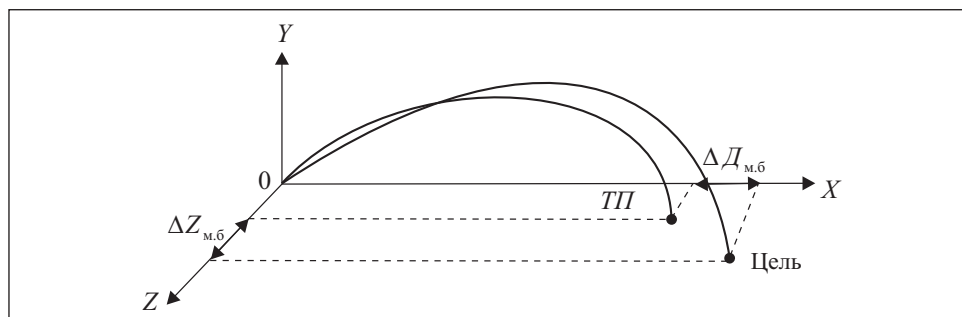


Схема полета ЛА с GPS-трекером: 0 — точка старта с координатами X_0, Y_0, Z_0

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что для надежного выполнения полетного задания с помощью неуправляемых ЛА необходимо иметь четыре—шесть ЛА с GPS-трекером на 50—100 ЛА без GPS-трекера [2].

В основу предлагаемого способа положено определение поправок в дальности $\Delta D_{м.б}$ и направлении $\Delta Z_{м.б}$ с учетом влияния всех внешних факторов на полет ЛА. Предлагаемый способ позволяет посредством введения поправок в дальности и направлении обеспечить необходимую точность доставки ЛА в программируемый район и эффективное использование неуправляемых ЛА. Баллистические характеристики ЛА с GPS-трекерами могут быть определены по методике, изложенной в работах [3, 4].

Ошибка в доставке ЛА предлагаемым способом составляет 0,4...0,5 % дальности [2], а существующим способом — 0,9...1,1% дальности [1]. Время выполнения оперативных заданий предлагаемым способом составляет 30—40 с, а существующим способом — 3—5 мин. [1, 2]. Следовательно, ЛА с GPS-трекерами не уступают по точности и времени выполнения задачи управляемым и корректируемым ЛА. Использование ЛА с GPS-трекерами экономически целесообразно, поскольку их стоимость в два—три раза меньше стоимости управляемых ЛА [5].

Математическая модель оценки эффективности использования ЛА с GPS-трекерами. Для обоснования целесообразности применения ЛА с GPS-трекерами получена математическая модель, с помощью которой можно провести сравнительную оценку предложенного метода с существующими [1, 2].

Срединные ошибки подготовки установок и показатели эффективности определяем по следующей методике.

1. Срединные ошибки подготовки установок в дальности E_{X_y} и направлении E_{Z_y} :

$$E_{X_y}^2 = E_{X_{дз}}^2 + E_{X_{б.дз}}^2 + E_{X_{оп}}^2; E_{Z_y}^2 = E_{Z_{дз}}^2 + E_{Z_{б.дз}}^2 + E_{Z_{оп}}^2,$$

где $E_{X_{дз}}^2$ и $E_{Z_{дз}}^2$, $E_{X_{б.дз}}^2$ и $E_{Z_{б.дз}}^2$, $E_{X_{ор}}^2$ и $E_{Z_{ор}}^2$ — ошибки подготовки установок соответственно в дальности и направлении: дивизионные, батарейные в составе дивизиона и орудия.

2. Срединные ошибки пуска в дальности $B_{д.п}$ и направлении $B_{б.п}$:

$$B_{д.п}^2 = E_{X_{дз}}^2 + E_{X_{б.дз}}^2 + E_{X_{ор}}^2 + B_{д}^2;$$

$$B_{б.п}^2 = E_{Z_{дз}}^2 + E_{Z_{б.дз}}^2 + E_{Z_{ор}}^2 + B_{б}^2,$$

где $B_{д}$ и $B_{б}$ — рассеивания ЛА по дальности и боковому направлению.

3. Коэффициенты корреляции $r_{X_{ор}}$, $r_{Z_{ор}}$, $r_{X_{б}}$, $r_{Z_{б}}$, $r_{X_{дз}}$, $r_{Z_{дз}}$:

$$r_{X_{ор}} = \frac{E_{X_{ор}}^2 + E_{X_{б.дз}}^2 + E_{X_{дз}}^2}{B_{д.п}^2}; \quad r_{Z_{ор}} = \frac{E_{Z_{ор}}^2 + E_{Z_{б.дз}}^2 + E_{Z_{дз}}^2}{B_{д.п}^2};$$

$$r_{X_{б}} = \frac{E_{X_{дз}}^2 + E_{X_{б.дз}}^2}{B_{д.п}^2}; \quad r_{Z_{б}} = \frac{E_{Z_{дз}}^2 + E_{Z_{б.дз}}^2}{B_{б.п}^2}; \quad r_{X_{дз}} = \frac{E_{X_{дз}}^2}{B_{д.п}^2}; \quad r_{Z_{дз}} = \frac{E_{Z_{дз}}^2}{B_{б.п}^2}.$$

4. Средние коэффициенты корреляции ошибок r_{X_0} , r_{Z_0} :

$$r_{X_0} = \sqrt{\frac{r_{X_{ор}}^2 + (K-1)r_{X_{б}}^2 + K(m-1)r_{X_{дз}}^2}{Km}};$$

$$r_{Z_0} = \sqrt{\frac{r_{Z_{ор}}^2 + (K-1)r_{Z_{б}}^2 + K(m-1)r_{Z_{дз}}^2}{Km}};$$

где K — число орудий (пусковых установок); m — число стартовых батарей.

5. Сведенные срединные ошибки подготовки установок по дальности $E_{X_{св}}$ и направлению $E_{Z_{св}}$:

$$E_{X_{св}} = B_{д.п} \sqrt{r_{X_0}}; \quad E_{Z_{св}} = B_{б.п} \sqrt{r_{Z_0}}.$$

6. Сведенные срединные ошибки рассеивания по дальности $B_{д.р}$ и направлению $B_{б.р}$:

$$B_{д.р} = \sqrt{B_{д.п}^2 - E_{X_{св}}^2}; \quad B_{б.р} = \sqrt{B_{б.п}^2 - E_{Z_{св}}^2}.$$

7. Сведенные срединные ошибки подготовки установок по дальности $E'_{X_{св}}$ и направлению $E'_{Z_{св}}$ с учетом размеров цели:

$$E'_{X_{св}} = \sqrt{E_{X_{св}}^2 + 0,038\Gamma_{ц}^2}; \quad E'_{Z_{св}} = \sqrt{E_{Z_{св}}^2 + 0,038\Phi_{ц}^2},$$

где $\Gamma_{ц}$, $\Phi_{ц}$ — глубина и фронт цели, м.

8. Показатели вероятности P и математического ожидания $M[a]$ определяем с помощью параметра K_2 из табл. 1:

$$K_2 = N \frac{S_n \tau(l, m)}{E'_{X_{св}} E'_{Z_{св}}},$$

где N — расход ЛА; $\tau(l, m)$ — функция, зависящая от приведенных размеров цели [1], $l = \sqrt{S_n}/8$, $m = \sqrt{S_n}/2$; S_n — приведенная зона поражения для различных целей [1].

9. Относительные вероятность ΔP и математическое ожидание ΔM :

$$\Delta P = \frac{P_{н.с} - P_{с.с}}{P_{с.с}} 100; \quad \Delta M = \frac{M_{н.с} - M_{с.с}}{M_{с.с}} 100, \quad (1)$$

где $P_{с.с}$, $M_{с.с}$; $P_{н.с}$, $M_{н.с}$ — вероятность и математическое ожидание, полученные существующим и новым (предлагаемым) способами.

Группирование ошибок. Первая группа ошибок по дальности $E_{X_{дз}}$ и направлению $E_{Z_{дз}}$:

$$E_{дз}^2 = E_{X_{м}}^2 + E_{X_{ц}}^2 + E_{X_{т.с}}^2; \quad E_{Z_{дз}}^2 = E_{Z_{м}}^2 + E_{Z_{ц}}^2 + E_{Z_{т.с}}^2.$$

Вторая группа ошибок в дальности $E_{X_{б.дз}}$ и направлении $E_{Z_{б.дз}}$:

$$E_{X_{б.дз}}^2 = E_{X_{гф}}^2 + E_{X_{м}^a}^2 + E_{X_{б}}^2 + E_{X_{гп}}^2; \quad E_{Z_{б.дз}}^2 = E_{Z_{гп}}^2 + E_{Z_{гф}}^2 + E_{Z_{м}^a}^2.$$

Таблица 1

$P, M[a]$	K_2	$P, M[a]$	K_2
0,05	0,87	0,6	28,18
0,1	1,96	0,65	33,86
0,15	3,28	0,7	41,36
0,2	4,76	0,75	50,04
0,25	6,43	0,8	62,04
0,35	8,37	0,85	78,50
0,35	10,53	0,9	104,96
0,4	13,08	0,95	155,85
0,45	16,08	0,97	198,3
0,5	19,56	0,99	303,82
0,55	23,57		

Здесь $E_{X_{\text{п}}}^{\text{М}}$ и $E_{X_{\text{а}}}^{\text{М}}$ — срединные ошибки в дальности вследствие ошибок метеорологической подготовки на пассивном и активном участках траектории; $E_{Z_{\text{п}}}^{\text{М}}$ и $E_{Z_{\text{а}}}^{\text{М}}$ — срединные ошибки в направлении вследствие ошибок метеорологической подготовки на пассивном и активном участках траектории; $E_{X_{\text{т.с}}}$ и $E_{Z_{\text{т.с}}}$ — срединные ошибки в дальности и направлении вследствие ошибок таблиц стрельбы (пуска); $E_{X_{\text{гр}}}$ и $E_{Z_{\text{гр}}}$ — срединные ошибки в дальности и направлении вследствие ошибок графических работ.

Третья группа ошибок в дальности $E_{X_{\text{оп}}}$ и направлении $E_{Z_{\text{оп}}}$:

$$E_{X_{\text{оп}}}^2 = E_{X_{\text{т}}}^2; E_{Z_{\text{оп}}}^2 = E_{Z_{\text{т}}}^2,$$

где $X_{\text{т}}$ и $Z_{\text{т}}$ — ошибки в дальности и направлении, связанные с ошибками в технической подготовке.

Срединные ошибки определения координат цели в дальности $E_{X_{\text{ц}}}$ и направлении $E_{Z_{\text{ц}}}$:

$$E_{X_{\text{ц}}}^2 = E_{\text{ц}}^2 + (E_{\delta_{\text{hc}}} \text{ctg } \Theta_{\text{C}})^2; E_{Z_{\text{ц}}}^2 = E_{\text{ц}}^2,$$

где $E_{\text{ц}}$ — круговая срединная ошибка определения координат цели [1, 2]; $E_{\delta_{\text{hc}}}$ — срединная ошибка определения высоты цели [1, 2]; Θ_{C} — угол падения ЛА.

Срединные ошибки в геофизических условиях пуска в дальности $E_{X_{\text{гф}}}$ и направлении $E_{Z_{\text{гф}}}$:

$$E_{X_{\text{гф}}}^2 = E_{\delta}^2 + (E_{\delta_{\text{hc}}} \text{ctg } \Theta_{\text{C}})^2 + (0,001D_{\text{топ.ц}})^2; E_{Z_{\text{гф}}}^2 = E_{\delta}^2 + (0,001D_{\text{топ.ц}} E_{\delta_{\text{o}}})^2,$$

где $D_{\text{топ.ц}}$ — топографическая дальность цели; E_{δ} — круговая срединная ошибка определения координат орудия (пусковой установки) [1]; $E_{\delta_{\text{o}}}$ — срединная ошибка ориентирования орудия (пусковой установки) [1].

Срединная ошибка баллистической подготовки в дальности $E_{X_{\text{Б}}}$:

$$E_{X_{\text{Б}}}^2 = (0,1\Delta X_{T_{\text{зр}}} E_{\delta\Delta T_{\text{зр}}})^2,$$

где $E_{\delta\Delta T_{\text{зр}}}$ — срединная ошибка, характеризующая точность измерения температуры реактивного заряда $T_{\text{зр}}$; $\Delta X_{T_{\text{зр}}}$ — табличный поправочный коэффициент на отклонение температуры заряда.

Срединные ошибки технической подготовки в дальности $E_{X_{\text{т}}}$ и направлении $E_{Z_{\text{т}}}$:

$$E_{X_{\text{т}}} = 0,75 \Delta X_{\text{тыс}}; E_{Z_{\text{т}}} = 0,65 \cdot 0,001 D_{\text{топ.ц}},$$

где $\Delta X_{\text{тыс}}$ — изменение дальности пуска при изменении угла пуска на одну тысячную долю.

Срединные ошибки таблиц стрельбы в дальности $E_{X_{\text{т.с}}}$ и направлении $E_{Z_{\text{т.с}}}$:

$$E_{X_{\text{т.с}}} = 0,003 D_{\text{топ.ц}}, \quad E_{Z_{\text{т.с}}}^2 = 2,2 E_{\delta \Delta Z_w}^2 E_{w_z}^2 + (0,001 D_{\text{топ.ц}} E_{\delta Z})^2,$$

где $E_{\delta \Delta Z_w}$ и $E_{\delta Z}$ — срединная ошибка, характеризующая точность определения боковой слагающей баллистического ветра Z_w и деривации Z [1, 2]; E_{w_z} — срединное отклонение, характеризующее разброс боковой слагающей w_z относительно математического ожидания [1].

Срединные ошибки расчета установок в дальности E_{X_p} и направлении E_{Z_p} :

$$E_{X_p} = 0,2 \Delta X_{\text{тыс}}, \quad E_{Z_p} = 0,2 \cdot 0,001 D_{\text{т.}}$$

Особенности учета метеорологических факторов при пуске оперенных ЛА на активном и пассивном участках траектории.

П а с с и в н ы й у ч а с т о к т р а е к т о р и и. Срединные ошибки учета метеорологических факторов в дальности E_{X_M} и направлении E_{Z_M} :

$$E_{X_M} = \sqrt{E_{X_H}^2 + E_{X_T}^2 + E_{W_x}^2}, \quad E_{Z_M} = 0,1 \Delta Z_{WZ} E_{\delta W_z} 0,001 D_{\text{топ.ц}},$$

где

$$E_{W_x} = 0,1 \Delta X_{W_x} E_{\delta W_x}; \quad E_{X_{TB}} = 0,1 \Delta X_{TB} E_{\delta \Delta T}; \quad E_{X_H} = 0,1 \Delta X_H E_{\delta H};$$

$$E_{\delta \Delta H} = \sqrt{E_{\text{с.п}[\delta \Delta H]}^2 + E_{t_y[\Delta H]}^2}; \quad E_{\delta \Delta T} = \sqrt{E_{\text{с.п}[\delta \Delta T]}^2 + E_{t_y[\Delta T]}^2};$$

$$E_{\delta W_x} = \sqrt{E_{\text{с.п}[\delta W_x]}^2 + E_{t_y[W_x]}^2}; \quad E_{\delta W_z} = \sqrt{E_{\text{с.п}[\delta W_z]}^2 + E_{t_y[W_z]}^2};$$

$$E_{t_y[\Delta H]} = 0,65 \sqrt{\Delta t_y}; \quad E_{t_y[\Delta TB]} = 0,7 \sqrt{\Delta t_y}; \quad E_{t_y[W_x]} = E_{t_y[W_z]} = 0,85 \sqrt{\Delta t_y};$$

ΔZ_{WZ} , X_{W_x} , X_{TB} , ΔX_H — табличные поправочные коэффициенты на боковую и продольную слагающие ветра, температуру воздуха и давление атмосферы; $E_{t_y[W_z]}$, $E_{t_y[W_x]}$, $E_{t_y[\Delta TB]}$, $E_{t_y[\Delta H]}$ — срединные ошибки, характеризующие точность определения слагаемых ветра, температуры и давления с учетом времени зондирования атмосферы; $E_{\text{с.п}[\delta W_z]}$, $E_{\text{с.п}[\delta W_x]}$, $E_{\text{с.п}[\delta \Delta H]}$, $E_{\text{с.п}[\delta \Delta TB]}$ — срединные ошибки, характеризующие точность определения слагаемых ветра, температуры и давления на высоте стартовой позиции; Δt_y — условное время устаревания бюллетеня «Метеосредний».

Активный участок траектории. Срединные ошибки метеорологической подготовки в дальности $E_{X_M^a}$ и направлении $E_{Z_M^a}$:

$$E_{X_M^a} = \sqrt{[(0,1\Delta\Pi_{W_{ax}} E_{W_{ax}})^2 + (0,1\Delta\Pi_{W_{az}} E_{W_{az}})^2]} 0,001 D_{\text{топ.ц}},$$

$$E_{Z_M^a} = \sqrt{[(0,1\Delta Z_{W_{az}} E_{W_{az}})^2 + (0,1\Delta Z_{W_{ax}} E_{W_{ax}})^2]} 0,001 D_{\text{топ.ц}},$$

Таблица 2

$\Delta t, d$	Величина	Вес ошибок (2), %, для ЛА с GPS-трекером					
		РКЗО«Ураган» при дальности пуска, км			РКЗО«Смерч» при дальности пуска, км		
		20	30	40	40	60	70
0, 0	g_{X_M}	0,10	0,37	0,36	0,05	0,32	0,39
	g_{Z_M}	0,22	0,41	0,50	0,016	0,32	0,58
	$P_{с.п}$	0,85	0,76	0,74	0,87	0,82	0,78
	$P_{н.с}$	0,91	0,90	0,91	0,92	0,92	0,94
	ΔP	7,5	19,5	21,7	5,1	12,7	20,2
Один год, 5км	g_{X_M}	0,15	0,35	0,51	0,06	0,41	0,47
	g_{Z_M}	0,25	0,50	0,59	0,19	0,37	0,60
	$P_{с.с}$	0,84	0,74	0,72	0,87	0,80	0,76
	$P_{н.с}$	0,91	0,90	0,91	0,92	0,92	0,94
	ΔP	8,2	21,0	25,6	5,7	14,4	23,0
Два года, 10км	g_{X_M}	0,20	0,41	0,53	0,18	0,50	0,64
	g_{Z_M}	0,29	0,47	0,61	0,23	0,44	0,62
	$P_{с.с}$	0,83	0,72	0,70	0,86	0,79	0,75
	$P_{н.с}$	0,91	0,90	0,91	0,92	0,92	0,94
	ΔP	8,8	23,9	28,7	6,3	16,0	25,4
Три года, 15км	g_{X_M}	0,26	0,52	0,60	0,23	0,57	0,64
	g_{Z_M}	0,31	0,53	0,64	0,25	0,50	0,70
	$P_{с.с}$	0,83	0,71	0,69	0,86	0,78	0,73
	$P_{н.с}$	0,91	0,90	0,91	0,92	0,92	0,94
	ΔP	9,4	26,1	31,9	6,9	18,0	28,5
Четыре года, 20км	g_{X_M}	0,29	0,57	0,62	0,28	0,65	0,65
	g_{Z_M}	0,36	0,61	0,71	0,29	0,54	0,73
	$P_{с.с}$	0,83	0,70	0,67	0,85	0,77	0,71
	$P_{н.с}$	0,91	0,90	0,91	0,92	0,92	0,94
	ΔP	9,9	27,8	34,5	7,7	20,2	31,5

где $\Delta\Pi_{W_{ax}}, \Delta\Pi_{W_{az}}, \Delta Z_{W_{ax}}, \Delta Z_{W_{az}}$ — табличные поправочные коэффициенты на продольную и боковую слагающие ветра [1, таблицы полета].

«Вес» ошибки каждого из возмущающих факторов в составе ошибки полной подготовки в дальности g_{X_i} и направлении g_{Z_i} :

$$g_{X_i} = E_{X_i}^2 / E_{X_y}^2, \quad g_{Z_i} = E_{Z_i}^2 / E_{Z_y}^2, \quad (2)$$

где E_{X_i} и E_{Z_i} — срединные ошибки в дальности и направлении каждого отдельно взятого возмущающего фактора.

Характеристики точности определения различных ошибок в системе GPS-трекер [2]. Круговая срединная ошибка определения координат $E_{\Pi} = 15$ м. Срединная ошибка способа расчета $E_{X_p} = E_{Z_p} = 2$ м. Круговая срединная ошибка определения координат точки старта $E_{\delta} = 2$ м. Срединная ошибка определения высоты цели $E_{\delta h_{\Pi}} = 5$ м. Ошибки учета метеорологических условий на пассивном и активном участках в дальности и направлении: $E_{X_M}^n = 0, E_{Z_M}^n = 0, E_{X_M}^a = 0, E_{Z_M}^a = 0$.

Результаты расчетов веса ошибок учета метеорологических факторов по формуле (2) и показателей эффективности (1) при поражении различных объектов реактивных систем залпового огня (РСЗО) «Ураган» и ракетных комплексов залпового огня (РКЗО) «Смерч» с GPS-трекером приведены в табл. 2, где Δt — время, прошедшее после окончания зондирования атмосферы (время учета метеорологических факторов); d — удаленность метеостанции от пусковой установки. Параметры Δt и d определяют время устаревания метеорологических данных, полученных метеорологической станцией.

Как видно из табл. 2, ошибки учета метеорологических факторов в зависимости от дальности пуска D и времени Δt составляют $q_{X_M} = 10 \div 65$ % в дальности и $q_{Z_M} = 22 \div 73$ % в направлении.

Выводы

1. Существенное влияние на суммарную ошибку при пуске неуправляемых ЛА на большие расстояния оказывают ошибки в определении метеорологических и баллистических условий. Их вес в общей системе ошибок составляет более 70% [1, 2].

2. Предложенный метод, в отличие от существующих, позволяет учитывать реальные метеорологические условия на всей траектории полета ЛА, что исключает влияние ошибок метеорологической станции и устаревание метеофакторов в зависимости от времени и расстояния.

3. В результате проведенных расчетов установлено, что применение информационных ЛА с GPS-трекером приводит к увеличению относительного показателя эффективности по сравнению с показателем, полученным существующим способом определения установок, приблизительно-

но на 27 % [2]. Применение предлагаемого способа целесообразно в случае, если относительное увеличение показателя эффективности составляет 10 % и более [5].

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что применение предложенного метода учета влияния действительных метеорологических условий на полет ЛА с GPS-трекером является целесообразным.

The authors have suggested a method to define devices for further launching of non-controlled aircrafts, providing a higher accuracy of their transportation with the use of informational aircrafts with GPS-Trackers. The essence of this method is in determining the real deviation from the predicted aircraft delivery place with the help of GLONASS and NAVSTAR (Global Navigation Satellite Systems). The determining of corrections in such a way allows considering the meteorological and ballistic factors affecting the aircraft flight.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Круковский А.С., Юнкеров В.И. Стрельба и управление огнем наземной артиллерии. — М. : Воениздат, 1976. — 542 с.
2. Патент № 34134 Україна, Снаряд з GPS-трекером — базова станція GPS. В.І. Макеев, С.М. Колобилін. — Опубл. 25.07.2008. Бюл. №14.
3. Дмитриевский А.А. Внешняя баллистика. — М. : Машиностроение, 2005. — 608 с.
4. Равдин И.Ф. Внешняя баллистика неуправляемых ракет и снарядов. — М. : Воениздат, 1973. — 184 с.
5. Червонный А.А. Вероятностные методы оценки эффективности вооружения. — М. : Воениздат, 1979. — 93 с.

Поступила 19.01.12;
после доработки 18.10.12

МАКЕЕВ Василий Ильич, канд. техн. наук, доцент кафедры военной подготовки Сумского государственного университета. В 1975 г. окончил Военную артиллерийскую академию (г. Ленинград). Область научных исследований — баллистическая подготовка пусков ракет и артиллерии.

ТРОФИМЕНКО Павел Евгеньевич, канд. воен. наук, профессор, профессор кафедры военной подготовки Сумского государственного университета. В 1975 г. окончил Военную артиллерийскую академию (г. Ленинград). Область научных исследований — боевое применение соединений, частей и подразделений в операции (бою).

ЛЯПА Николай Николаевич, канд. техн. наук, доцент, начальник кафедры военной подготовки Сумского государственного университета. Область научных исследований — баллистическая подготовка пусков ракет и артиллерии.

ЛАТИН Сергей Петрович, канд. воен. наук, доцент кафедры военной подготовки Сумского государственного университета. В 1997 г. окончил Академию вооруженных сил Украины (г. Киев). Область научных исследований — боевое применение соединений, частей и подразделений в операции (бою).